

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-025541

(43)Date of publication of application : 28.01.1997

---

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
B21B 1/16  
B21B 19/04  
C21D 8/06  
C22C 38/24  
C22C 38/58

---

(21)Application number : 07-175318

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 12.07.1995

(72)Inventor : KUNITANI NORIHITO

ASAKAWA MOTOO

FURUKATA MUNEKATSU

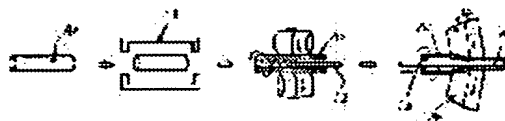
---

**(54) NON-HEAT-TREATED HOLLOW ROLLED BAR STEEL HAVING HIGH STRENGTH AND HIGH TOUGHNESS AND ITS PRODUCTION**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce a long-size hollow bar steel increased in the ratio between wall thickness and outside diameter by respectively specifying, at a cross helical rolling mill, the temp. before rolling, rolling temp., and outside diameter reduction rate of a steel having a specific composition where Cr, V, N, etc., are added and further specifying the structure and crystalline grain size of the steel, respectively.

**SOLUTION:** A round billet A1, having a composition consisting of, by weight, 0.20-0.60% C, 0.05-1.50% Si, 0.30-2.00% Mn, 0.02-1.00% Cr, 0.01-0.30% V, 0.005-0.020% N,  $\leq 0.20\%$  Cu,  $\geq 1.0\%$  Ni,  $\leq 0.20\%$  Mo,  $\leq 0.40\%$  Nb,  $\leq 0.05\%$  Al,  $\leq 0.35\%$  Pb,  $\leq 0.20\%$  Bi,  $\leq 0.10\%$  S,  $\leq 0.20\%$  Te,  $\leq 0.01\%$  Ca, and the balance Fe, is heated to 950-1250° C in a heating furnace 11 and pierced into a hollow stock satisfying (wall thickness)/(outside diameter)  $\geq 0.1$ . A mandrel 13 is inserted into the hollow stock, and then, diameter reduction working and wall thickness working, satisfying  $\leq 0.2$  outside diameter reduction rate and (wall thickness draft)/(outside diameter reduction rate)  $< 0.55$ , are applied at 700-950° C by means of a cross helical rolling mill. By the above procedure, the ratio of wall thickness to outside diameter is regulated to 0.25-0.40 and a structure composed of ferrite and pearlite is formed, and further, the crystalline grain size of ferrite is regulated to JIS grain size number 6-12.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 09.10.1997  
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.10.2000  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-25541

(43) 公開日 平成9年(1997)1月28日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 Y
B 2 1 B 1/16			B 2 1 B 1/16	B
19/04			19/04	
C 2 1 D 8/06		9270-4K	C 2 1 D 8/06	A
C 2 2 C 38/24			C 2 2 C 38/24	

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全13頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-175318

(22) 出願日 平成7年(1995)7月12日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 訓谷 法仁

福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地住友

金属工業株式会社小倉製鉄所内

(72) 発明者 浅川 基男

福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地住友

金属工業株式会社小倉製鉄所内

(72) 発明者 古堅 宗勝

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

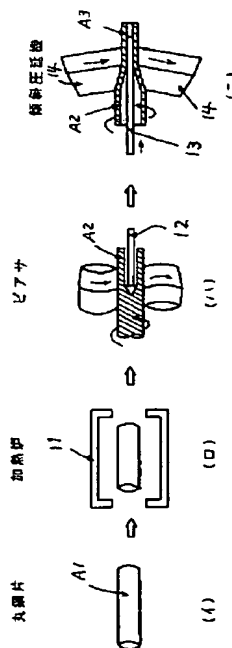
(74) 代理人 弁理士 森 道雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 外径が20～70mm、長さが2～6m程度で、且つ高寸法精度を有する小径厚肉長尺の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法を提供する。

【構成】 ①特定の化学組成を有し、組織がフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6～12であり、且つ「肉厚/外径」比が0.25～0.40の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼。  
②丸鋼片または丸鋼塊を、特定の温度域に加熱した後ピアサで穿孔して「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材となし、次いでマンドレルを前記中空材に挿入し、そのバスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、特定の温度域で外径縮径率が0.2以上で、且つ「肉厚圧下率/外径縮径率」比が0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えることによって圧延する。「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材を加熱した後、傾斜圧延機を用いて圧延しても良い。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】重量%で、C:0.20~0.60%、Si:0.05~1.50%、Mn:0.30~2.00%、Cr:0.02~1.00%、V:0.01~0.30%、N:0.005~0.020%、Cu:0.20%以下、Ni:1.0%以下、Mo:0.20%以下、Nb:0.40%以下、Al:0.05%以下、Pb:0.35%以下、Bi:0.20%以下、S:0.10%以下、Te:0.20%以下及びCa:0.01%以下を含有し、残部はFe及び不可避不純物の組成からなり、組織がフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12であり、且つ「肉厚/外径」比が0.25~0.40の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼。

【請求項2】組成が請求項1に記載の丸鋼片または丸鋼塊を、950~1250℃の温度域に加熱した後ピアサで穿孔して「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材となし、次いで内面規制工具としてマンドレルを前記中空材に挿入し、そのバスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、700~950℃の温度域で外径縮径率で0.2以上、「肉厚圧下率/外径縮径率」比で0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えて、「肉厚/外径」比が0.25~0.40、且つ組織をフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12となす高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼の製造方法。

【請求項3】組成が請求項1に記載の「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材を950~1250℃の温度域に加熱した後、内面規制工具としてマンドレルを前記中空材に挿入し、そのバスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、700~950℃の温度域で外径縮径率で0.2以上、「肉厚圧下率/外径縮径率」比で0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えて、「肉厚/外径」比が0.25~0.40、且つ組織をフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12となす高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法に関し、なかでも外径が20~70mmで長さが2~6m程度であって高寸法精度を有する小径厚肉長尺の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法に関する。より詳しくは、現在最終製品に近いサイズを有する中実棒鋼に切削で穿孔加工を行い、次いで焼入れ焼戻しの所謂「調質処理」を施すか、調質処理後に切削で穿孔加工して各種機械構造部品の素材用として用いられている長尺中空棒鋼と同等以上の強度と靱性を有し、しかも前記の切削による穿孔加工を要しない非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法

に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、機械構造部品は熱間で圧延または鍛造された鋼材に「2、3次加工」と称される処理を施して、すなわち冷間で切削や鍛造などの塑性加工を行うとともに焼入れ焼戻しなどの熱処理を施して、製造されてきた。しかしこの「2、3次加工」は多大のエネルギーを要するとともに工程数が多いため、最終製品の製造コストを高くしてしまう。

【0003】上記の「2、3次加工」を受ける機械構造部品、例えば自動車の操舵装置部品であるラックバーは、従来、図6に示すように、調質した棒鋼を用いてシリンドラ部61に空気抜き用の小径の孔63をガンドリルによって穿孔した後、ラック部62にラック歯64を切削加工し、高周波焼入れ、曲がり取りを行って製造されてきた。同じく自動車用部品のひとつであるインプットシャフトも、中実棒鋼に焼ならし処理を行った後で外面切削と中心部ガンドリル加工を施して製造されている。更に、ピストンピンも小径サイズのものは中実棒鋼を冷間鍛造で穿孔し、また大型サイズのものは切削により穿孔し、次いでブローチ加工した後、焼入れ焼戻し処理を行って製造されている。

【0004】そのため、先ず第一に焼入れ焼戻しなどの熱処理工程を省略して消費エネルギーと製造処理工程の削減を図ろうとする動きが大きくなり、熱間での圧延や鍛造加工のままで熱処理した鋼材と同等の機械的性質を備えた非調質鋼材やその製造方法が提案されてきた。

【0005】例えば、特開昭61-170513号公報に提案された「高強度非調質棒鋼の製造方法」がそれに該当する。この公報に記載の提案は、中炭素鋼に微量のVとともに比較的多量のSを含有させた鋼材に加工温度を規定した熱間での圧延と鍛造を行い、更に鍛造後の冷却条件を規定して熱間鍛造ままで高強度で靱性、延性に優れた非調質棒鋼を得ようとするものである。こうした提案によって確かに熱処理、なかでも「調質処理」の省略が図れ、機械構造部品の製造コストの削減が可能となった。しかしながら従来のこの種の非調質鋼材やその製造方法に関する提案は、いずれも中実鋼材を対象とするものでしかなかった。

【0006】一方、特開昭61-264130号公報には、特定の化学組成を有する鋼材を3個または4個のロールをほぼ等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて延伸圧延して、従来の孔型圧延機を用いる場合に比較して少ない加工度で、且つ焼ならし処理を施した場合と同等の機械的性質を有する非調質圧延棒鋼を得る方法が提案されている。この方法は中実棒材を素材として成品として中実棒材を得るだけでなく、中空棒材を素材として成品としての中空棒材を得る場合にも適用し得るとの記載がある。しかし、前記公報における提案は「非調質圧延棒鋼」とは称するが、その実体は焼入れ焼戻しの「調質処

理」の前処理として行われていた「焼ならし」を省略できるだけのものであり、従って、成品として中空棒材を得ることができても、単に切削による穿孔加工を省略できるだけで、依然として調質処理を行わねばならないものであった。更に、前記の方法で得た中空棒材の圧延ままの寸法精度（偏肉や内径真円度など）は、例えば自動車の重要保安部品用途には必ずしも充分とはいえないものであった。

【0007】一方、前記したガンドリルによる穿孔加工は、ラックバーやインプットシャフトなどの機械構造用部品において、その軸方向に液体や気体を供給するための孔を加工するのに必要な工程とされてきた。更に、最近では特に自動車部品に対して、地球環境の保全、高速運転化や快適なドライブ性などを目的に、これを軽量化して自動車全体を軽量化したいとする要求が大きくなっている。従って、前記のガンドリルによる穿孔加工は、軽量化の観点から要求される中空化に対しても効果を有するものであった。しかし、前記の穿孔加工工程も消費エネルギー、製造工程の削減、歩留まり向上を図る上では大きな障害である。加えて、ガンドリルなどによる機械加工では1mを超えるような長尺材の穿孔は寸法精度の面で極めて問題があり、実質的に長尺材の穿孔は不可能であった。

【0008】そのため、例えば特開平5-345231号公報において、通常の方法で製造した非調質継目無鋼管を素材とするラックバーの製造方法が開示されている。すなわち図7に示すように、「ラック歯型に切削可能な肉厚を有する非調質継目無鋼管を素材とし、ラック歯切削部72をラック歯型に切削可能な肉厚のままでラック歯切削高さh7まで平坦状に塑性加工するとともに、シリンダー部71に減肉塑性加工を施した後ラック歯の切削加工を施す」か、「冷間引き抜き加工によりラック歯切削部72がラック歯型に切削可能な肉厚とし、シリンダー部71が薄肉の異形管に加工した後、ラック歯の切削加工を施す」製造方法が提案されている。

【0009】しかし通常の方法で製造された継目無鋼管の内面形状は綺麗な円形でないため、熱間圧延ままの継目無鋼管を素材として前記公報に記載の方法で製造したラックバーは、捻り強度が低いという問題を抱えていた。そのため内面形状の精度を上げるため冷間での加工が必須であって、必ずしも工程やコストの削減にはつながらないものであった。

【0010】また、例えばインプットシャフト（図8参照）やロッカーアームシャフトのようにその外面側に段付き切削加工を施す部品に関しては、通常の鋼管を素材とした場合「肉厚/外径」比の小さい薄肉鋼管では、削り代が無く段付き加工そのものが不可能である。

【0011】このため通常の継目無鋼管とは異なって「肉厚/外径」比が大きく、しかも長尺の中空棒鋼に対する要求が極めて高くなっている。

【0012】塑性加工によって厚肉の中空棒鋼や継目無鋼管を製造する主な従来技術としては、次の4つの方法がある。

【0013】1つ目の方法（以下、従来技術1という）の工程図を図3に示す。従来技術1は、孔型ロール列により中空棒鋼を製造するもので、図3（イ）に示すように、ドリルによる機械加工で鋼片B1を穿孔して、角形の中空素材B2を製作し、次に同図（ロ）に示すように中空素材B2にマンガン鋼などのような熱膨張係数の大きい材質の芯金31を挿入し、これを加熱炉中で所要温度に加熱した後（同図（ハ））、同図（ニ）に示すように孔型ロール列を用いて所定の寸法に圧延し、冷却後同図（ホ）に示すように前記芯金31を抜き取って中空棒材B3を製造する方法である。しかしこの従来技術1による方法では、孔型ロール列での圧延時に、芯金31自体も塑性変形するため製品の肉面寸法精度が悪化して偏肉を発生するという問題がある。更に、芯金31は塑性変形するため使い捨てることになり、工具原単位が高く不経済であるという問題点も有する。

【0014】2つ目の方法（以下、従来技術2という）は、通常アッセルミル圧延と呼ばれる比較的厚肉の継目無鋼管を製造する方法で、その工程を図4に示す。

【0015】従来技術2は内面規制工具としてマンドレルを用いる傾斜圧延法で、その技術内容は第3版鉄鋼便覧第3巻2、984～996ページ（日本鉄鋼協会編、昭和55年11月20日発行）に詳しく記載されている。以下、前記文献を参考にして説明する。アッセルミル圧延は、継目無鋼管の中では比較的厚肉の鋼管、特に軸受用鋼管の製造に適していると言われている。

【0016】図4に示すように、丸鋼片C1は同図（ロ）の加熱炉に装入後、所要温度に加熱され、続いて同図（ハ）のマネスマンピアサによって穿孔されて素管C2となる。次に、この素管C2に同図（ニ）のようにマンドレル41を挿入し、ハンブと呼ばれる特殊形状を有するロール42を組込んだアッセルミルで外径及び肉厚を圧下して管C3とする。圧延後にマンドレル41は管C3から抜き取られ、同図（ホ）の再加熱炉で管C3を加熱した後、同図（ヘ）に示すようにシンキングミルで外径を縮径して中空材C4となし、次いで同図（ト）のロータリサイザで外径を目標寸法に仕上げ管製品C5を製造する。

【0017】従来技術2の方法によって厚肉の中空棒材を製造する場合にも以下のような問題点がある。

【0018】アッセルミル圧延の最大の特徴は、図5に示すハンブと呼ばれる段差を有するロール42によって圧延することである。このハンブの作用は、この部分で急激に肉厚加工を行い、材料を積極的に管軸方向に延ばして、外径側への膨張を防止しながら圧延を行うことであると言われている。ハンブを有しないロールで大きな肉厚加工を行うと、材料の外径側への膨張変形が大きく

なって管の寸法精度が悪化し、甚だしい場合には材料後端部の圧延時に断面が三角形状のふくれ（フレアと称される）が発生し、圧延不能に至る場合もある。

【0019】ハンブ部での外径と肉厚の圧下量は、ハンブ高さ $h$ にはほぼ等しい量になると言われており、その結果、外径縮径率 $Rd$ と肉厚圧下率 $Rt$ を比較すると、一般に $Rt$ の方が大きくなっている。

【0020】なお、 $Rd = (d_0 - d_1) / d_0$ 、 $Rt = (t_0 - t_1) / t_0$ で、 $d_0$ は中空材の圧延前の外径、 $d_1$ は中空材の圧延後の外径、 $t_0$ は中空材の圧延前の肉厚、 $t_1$ は中空材の圧延後の肉厚である。

【0021】また、アッセルミルの圧延前の「肉厚／外径」比 $t_0 / d_0$ と、圧延後の「肉厚／外径」比 $t_1 / d_1$ はほぼ等しく、一般には圧延後の方が小さくなると言われている。

【0022】そのために、「肉厚／外径」比の異なる管を製造するには、素管の穿孔圧延段階での $t_0 / d_0$ を圧延後の $t_1 / d_1$ に近い寸法に穿孔する必要がある。従って、アッセルミル圧延後の $t_1 / d_1$ の大きな製品を得るには穿孔材、換言すればアッセルミル圧延前の $t_0 / d_0$ を大きなものとする必要がある。すなわち、ピアサで厚肉穿孔をしなければならず、このためブラグロッド径は必然的に細くなって、穿孔時のスラスト荷重によるロッドの座屈の問題から、ピアサでの厚肉材の穿孔には自ら限界が生じてしまうという問題がある。

【0023】3つ目の方法（以下、従来技術3という）は、特開昭59-4905号公報に開示されている方法であって、穿孔して得た中空素材を内面規制工具を用いることなく、目標とする仕上げ外径および肉厚に応じて、交叉角 $\gamma$ および傾斜角 $\beta$ （図2参照）が調整可能な3個または4個のコーン型ロールを有する傾斜圧延機によって、中空棒材の外径と肉厚を減じて目標寸法に仕上げる厚肉中空棒材の製造方法である。

【0024】上記したように、従来技術3の方法は内面規制工具を使用しないで傾斜圧延することの特徴としている。前記公報に記載されているように、交叉角と傾斜角の組合わせを変えると目標とする平均的な寸法の小径厚肉鋼管を得ることは可能である。しかし、本発明者らがこの方法に関し詳細な実験・研究を行った結果、内面規制工具を用いない場合には、圧延中に中空材の内面は自由に變形できるので内面形状は不安定になってその寸法精度が悪化することが明らかになった。すなわち従来技術3の方法は、高い寸法精度を必要としない中空棒材の製造方法としては確かに優れたものではあるが、高寸法精度を要する中空棒材の製造に対しては必ずしも適したものではないのである。

【0025】4つ目の方法（以下、従来技術4という）は、特開平4-135004号公報に開示されている方法であって、管の内面規制工具としてブラグを用い、3個のロールを有する傾斜圧延機によって素管の外径を減

じて目標寸法に仕上げる継目無管の傾斜圧延方法である。

【0026】しかし、本発明者らの詳細な実験によって、管の内面規制工具としてブラグを用いた場合は圧延に供されるブラグ面は局部に限定されるため、圧延前にブラグに熱間潤滑剤を十分に塗布したとしても圧延中に潤滑剤が消費されてしまい、特に長尺の小径厚肉中空材の圧延においてはブラグに焼付きを生じてしまうことが判明した。従って、実用的な長尺の中空棒材の製造方法としては従来技術4の方法も適しているとは言えないものである。

【0027】更に、上記した従来技術1～4では、その熱間加工前の加熱が長時間加熱それも複数回の加熱であることが多く、そのため機械構造部品として使用する際に問題となる表面脱炭が顕著となって、表面硬度の低下や疲労強度の低下といった問題も含んでいるものでもあった。

【0028】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の現状に鑑みなされたもので、産業界で需要の多い、外径が20 0～70mm、長さが2～6m程度で、且つ高寸法精度を有する小径厚肉長尺の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法を提供することを課題とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】本発明者は、先ず傾斜圧延機を用いて小径厚肉中空圧延棒鋼を高精度に、しかも安価に製造することのできる方法につき実験、検討を重ねた。その結果、圧延後の「肉厚／外径」比 $t_1 / d_1$ が0.25～0.4であるような厚肉小径の中空棒材の傾斜圧延において下記①～④の知見を得るに至った。

【0030】①断面が5角形状に変形する角張り現象を防止するためには、素材として「肉厚／外径」比が0.1以上の中空材を用いなければならない。

【0031】②寸法精度は「肉厚圧下率（ $Rt$ ）／外径縮径率（ $Rd$ ）」比に依存し、 $Rt / Rd$ 比が0.55以上になると顕著に寸法精度が悪化し、内面側にスパイラル状のマークが発生する。

【0032】③製品が小径厚肉管の場合にあっては、内面規制工具としてのマンドレルも小径となり、且つ荷重が極めて大となるため、 $Rt / Rd$ が0.55未満となるように、減肉加工を比較的小さくしなければならない。

【0033】④素材として、「肉厚／外径」比が0.1以上の中空材を用い、且つ前記 $Rt / Rd$ 比が0.55未満の条件で、内面規制工具としてマンドレルを用いて傾斜圧延を行うと、高寸法精度の中空棒鋼が得られる。この場合には、その後の矯正工程は不要である。

【0034】そこで次に、傾斜圧延機を用いて製造した小径厚肉中空圧延棒鋼に対して非調質すなわち圧延のままで、従来タイプの焼入れ焼戻し処理を施して各種機械

構造部品の素材用として用いられている長尺中空棒鋼と同等以上の強度と靱性を付与するための化学組成と組織並びに圧延条件に関して検討を行った。その結果、下記⑤～⑧の知見を得た。

【0035】⑤C、Si、Mn、Cr、VおよびNを必須成分として添加し、且つその含有量を適正範囲に調整しなければならない。

【0036】⑥上記の化学組成を有する素材の圧延前加熱温度の制御が必要である。

【0037】⑦傾斜圧延機での圧延温度と外径縮径率を規制することが重要である。

【0038】⑧圧延後の組織をフェライト・パーライトとなし、且つフェライトの結晶粒度を適正領域に調整しなければならない。

【0039】上記知見に基づく本発明は、下記(1)に示した高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及び(2)、(3)に示した高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼の製造方法を要旨とする。

【0040】(1)重量%で、C:0.20～0.60%、Si:0.05～1.50%、Mn:0.30～2.00%、Cr:0.02～1.00%、V:0.01～0.30%、N:0.005～0.020%、Cu:0.20%以下、Ni:1.0%以下、Mo:0.20%以下、Nb:0.40%以下、Al:0.05%以下、Pb:0.35%以下、Bi:0.20%以下、S:0.10%以下、Te:0.20%以下及びCa:0.01%以下を含有し、残部はFe及び不可避不純物の組成からなり、組織がフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6～12であり、且つ「肉厚/外径」比が0.25～0.40の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼。

【0041】(2)組成が上記(1)に記載の丸鋼片または丸鋼塊を、950～1250℃の温度域に加熱した後ピアサで穿孔して「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材となし、次いで内面規制工具としてマンドレルを前記中空材に挿入し、そのバスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、700～950℃の温度域で外径縮径率(Rd)が0.2以上、「肉厚圧下率/外径縮径率」(Rt/Rd)比で0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えて、圧延後の「肉厚/外径」比 $t_1/d_1$ が0.25～0.40、且つ組織をフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6～12となす高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼の製造方法。

【0042】(3)組成が上記(1)に記載の圧延前の「肉厚/外径」比 $t_1/d_1$ が0.1以上の中空材を950～1250℃の温度域に加熱した後、内面規制工具としてマンドレルを前記中空材に挿入し、そのバスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、700～950℃の温度域で

0.2以上、Rt/Rd比で0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えて、圧延後の「肉厚/外径」比 $t_1/d_1$ が0.25～0.40、且つ組織をフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6～12となす高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼の製造方法。

【0043】上記の(1)～(3)の各要件について、その作用効果とともに以下で詳しく説明する。なお、成分含有量の「%」は「重量%」を意味する。

【0044】(A)化学組成

C: Cは強度および靱性を支配する重要な元素である。所望の強度を得るには、0.20%以上含有することが必要である。しかし含有量が0.60%を超えるとパーライト分率の増加が起こり、靱性の劣化をきたすこととなる。従って、Cの含有量を0.20～0.60%とした。

【0045】Si: Siは鋼の脱酸の安定化及び強度の向上を図る作用がある。しかし、その含有量が0.05%未満では所望の効果が得られず、1.50%を超えると靱性の低下を招くようになるので、Siの含有量を0.05～1.50%とした。

【0046】Mn: Mnは強度を高める作用を有する。しかし、その含有量が0.30%未満では所望の効果が得られず、2.00%を超えると焼入れ性が著しく高くなって所望の組織と機械的性質が得られなくなる。従って、Mnの含有量を0.30～2.00%とした。

【0047】Cr: CrはMnと同様に強度を高める作用がある。しかし、その含有量が0.02%未満では所望の効果が得られない。一方、1.00%を超えて含有させると、焼入れ性が著しく上昇して所望の組織と機械的性質が得られなくなる。従って、Crの含有量を0.02～1.00%とした。

【0048】V: Vはオーステナイト相からフェライト相への変態の際に析出する窒化物や炭窒化物がフェライト相に分散析出してフェライトを強化する。また結晶粒の微細化を促進して強度と靱性を向上させる作用を有する。しかし、その含有量が0.01%未満では添加効果に乏しく、一方、0.30%を超えて含有させても強度向上効果は飽和し、製造コストを上昇させるだけであるため、Vの含有量を0.01～0.30%とした。

【0049】N: NはVとフェライト中で窒化物や炭窒化物を形成し強度を高めるとともに結晶粒を微細化して鋼を強靱化する作用がある。しかし、その含有量が0.005%未満では所望の効果が得られず、0.02%を超えると却って靱性の低下をもたらすようになるので、Nの含有量を0.005～0.02%とした。

【0050】Cu: Cuは添加しなくても良い。添加すれば強度、靱性及び耐候性の向上に寄与する。この効果を確実に得るには、Cuは0.01%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.20%を

超えると熱間加工性が低下し、製造コストが上昇するばかりとなる。従って、Cu含有量の上限を0.20%とした。

【0051】Ni: Niは添加しなくても良い。添加すれば焼入れ性、強度、韌性及び耐腐食性の向上に寄与する。この効果を確実に得るには、Niは0.05%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が1.0%を超えるとベイナイト変態が生じ易くなって韌性を逆に劣化させ、また製造コストも上昇するばかりとなる。

【0052】従って、Ni含有量の上限を1.0%とした。

【0053】Mo: Moは添加しなくても良い。添加すれば焼入れ性、強度、韌性及び耐腐食性の向上に寄与する。この効果を確実に得るには、Moは0.03%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.20%を超えるとベイナイト変態が生じ易くなって韌性を逆に劣化させ、製造コストが上昇するばかりとなる。従って、Mo含有量の上限を0.20%とした。

【0054】Nb: Nbは添加しなくても良い。添加すればその窒化物や炭窒化物がオーステナイト結晶粒の粗大化を抑制するとともに析出強化に寄与する。この効果を確実に得るには、Nbは0.005%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.40%を超えると強度向上効果は飽和し、製造コストが上昇するばかりとなる。従って、Nb含有量の上限を0.40%とした。

【0055】Al: Alは添加しなくても良い。添加すれば鋼の脱酸の安定化及びNと反応してAlNを形成し結晶粒を微細化する作用がある。こうした効果を確実に得るには、Alは0.005%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.05%を超えると前記効果が飽和することに加えて韌性が劣化するようになるので、Alの含有量を0.05%以下とした。

【0056】Pb: Pbは添加しなくても良い。添加すれば被加工鋼材と工具との間に潤滑作用を生じるので鋼の被削性が向上する。この効果を確実に得るには、Pbは0.02%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.35%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に韌性も低下するようになる。従って、Pb含有量の上限を0.35%とした。

【0057】Bi: Biも添加しなくても良い。添加すればPbと同様に被加工鋼材と工具との間に潤滑作用を生じるので鋼の被削性が向上する。この効果を確実に得るには、Biは0.02%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.20%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に韌性も低下するようになる。従って、Bi含有量の上限を0.20%とした。

【0058】S: Sは添加しなくても良い。添加すればMnと化合物を形成して鋼の被削性を向上させる作用を

有する。この効果を確実に得るには、Sは0.02%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.10%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に韌性も低下するようになるので、Sの含有量を0.10%以下とした。

【0059】Te: Teも添加しなくても良い。添加すればMnと化合物を形成して鋼の被削性を向上させる作用を有する。この効果を確実に得るには、Teは0.001%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.20%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に韌性も低下するようになる。従って、Te含有量の上限を0.20%とした。

【0060】Ca: Caも添加しなくても良い。添加すればMnと化合物を形成して鋼の被削性を向上させる作用を有する。この効果を確実に得るには、Caは0.0003%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.01%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に韌性も低下するようになるので、Caの含有量を0.01%以下とした。

#### 20 【0061】(B)組織

上記の化学組成を有する鋼であっても、傾斜圧延機による加工の後常温まで冷却した時、その組織がベイナイトやマルテンサイトといった所謂「低温変態生成物」からなるものでは、圧延のままでは所望の機械的性質（従来タイプの焼入れ焼戻し処理した長尺中空棒鋼と同等以上の強度と韌性）が得られない。従って、所望の機械的性質を付与するためには後工程としての調質処理が必須となってコストアップとなり本発明の目的から逸脱してしまう。更に、変態歪による曲がりが生ずるため曲がり取りの矯正工程が必要となり、この点でもコスト上昇につながる。従って、鋼材の組織はフェライト・パーライト組織とする必要がある。この場合、フェライト・パーライト組織におけるフェライト結晶粒度がJIS粒度番号6~12であれば従来タイプの焼入れ焼戻し材と同等の強度と韌性が容易に得られる。フェライト結晶粒度がJIS粒度番号で6未満の場合には強度-韌性バランスが悪くなり韌性の低下が生じる。一方、フェライト結晶粒度がJIS粒度番号で12を超える場合は低温で傾斜圧延しなければならず、このため機械的性質に異方性を生じることになるので好ましくない。

#### 40 【0062】(C)圧延

##### (C-1)加熱温度

上記(A)の化学組成を有する丸鋼片または丸鋼塊をピアサで穿孔加工する前の加熱温度、及び前記化学組成を有するRt/Rd比が0.1以上の中空素材を傾斜圧延する前の加熱温度は、Vをオーステナイト中へ充分に固溶させるために950℃以上とする必要がある。一方、1250℃を超える高温加熱では、オーステナイト粒の成長が著しく、圧延後に冷却したままの非調質状態では所望の組織と機械的性質を得ることができない。従っ



て、本発明においては前記加熱の温度域を950～1250℃に限定する。なお、通電加熱や高周波加熱などの急速加熱手段により加熱時の昇温時間を5分以内とすれば、表面脱炭の低減や結晶粒粗大化防止が図れるため効果が大きい。

【0063】傾斜圧延前の鋼材は、熱間での塑性加工によって穿孔された後に一旦冷却された鋼管であっても良い。しかし、例えば脱炭や表面疵といった表面品質の観点からは丸鋼片または丸鋼塊を加熱し、ピアサ穿孔とマンドレルを挿入した傾斜圧延とを連続的に実施することが望ましい。傾斜圧延前の鋼材が機械加工あるいは冷間で塑性加工して得た中空素材である場合には、傾斜圧延する前に一旦冷却されていても表面品質の観点からは何ら問題がないため、前記温度域に加熱して傾斜圧延すれば良い。

#### 【0064】(C-2) 傾斜圧延温度

マンドレルを挿入した傾斜圧延を、950℃を超える温度で行うと再結晶が著しくなって所望の微細な組織と機械的性質を得ることができない。一方、700℃を下回る温度での圧延は鋼材の変形抵抗が大きくなって圧延機への負荷が極めて大きくなるとともに、組織に異方性を生じその結果として製品の機械的性質にも異方性が生じてしまう。従って、マンドレルを挿入した傾斜圧延の温度を700～950℃とする。

#### 【0065】(C-3) 3個の傾斜圧延ロールによる傾斜圧延

2個の傾斜圧延ロールで圧延を行うと、圧延中に被圧延材がロールに接していない部分で膨張する。その膨張を防止するためには、ガイドシューが必要となり、ガイドシューにより管の外面に疵が発生する。従って、2ロール傾斜圧延方式を用いるのは好ましくない。

【0066】一方、傾斜圧延ロールを4個にすると、構造上各ロールの径を小さくしなければならず、そのため大きな荷重がかかる小径厚肉鋼管の圧延には強度の点で適さない。被圧延鋼材の外面に疵を発生させることがなく、小径厚肉鋼材の圧延による高負荷に耐えられるのは3ロール方式の傾斜圧延のみであった。従って、本発明では3ロールに限定する。

#### 【0067】(C-4) 内面規制工具としてのマンドレル

内面規制工具としてマンドレルを用いるのは、高寸法精度に仕上げるため及び長尺の圧延に発生しやすい焼付きを防止するためである。ロールで外径を縮径すると当然同時に内径も縮径される。この時、中空材の内面は、内面がマンドレルに接触するまでの間は自由に変形するから、縮径とともに内面は、3ロールによりスパイラル状に内径が寸法変動する。次いで、中空材の内面がマンドレルに接触すると、マンドレルで内面の変形は規制されるので、内径を高寸法精度に仕上げるができる。また、圧延中はマンドレルは圧延方向に移動するので、圧

延部で中空材と接するマンドレルの面は常時新しい面となるので焼付きが発生しない。

【0068】なお、内面規制工具をマンドレルに限定するのは、既に述べたようにプラグの場合には内面焼付きを生じ易く長尺中空棒鋼の圧延は困難なことによる。

#### 【0069】(C-5) 傾斜圧延前の中空素材の「肉厚/外径」( $t_0/d_0$ )比

傾斜圧延の素材としての中空材の $t_0/d_0$ 比が0.1未満の場合には、圧延中に中空材の断面が5角形状に変形する所謂「角張り現象」が発生する。従って、傾斜圧延前の中空素材の $t_0/d_0$ 比の下限を0.1に限定する。なお、安定した圧延とするには上記 $t_0/d_0$ 比は0.12以上とするのが好ましい。

【0070】ところで、上記 $t_0/d_0$ 比が大きいほど傾斜圧延後厚肉とすることができ、丸鋼片または丸鋼塊をピアサで厚肉穿孔する場合には、素材径に対しプラグロッド径が必然的に細くなってしまふ。従って、この場合には、上記 $t_0/d_0$ 比は0.3以下とすることが好ましい。

#### 20 【0071】(C-6) 傾斜圧延による外径縮径率( $R_d$ )

傾斜圧延による $R_d$ が0.2未満の場合、外径圧下量が小さいため所望の調質鋼と同等以上の機械的性質を得ることができない。従って、前記 $R_d$ の下限を0.2とする。

【0072】 $R_d$ を過大にすると内面性状の悪化を生ずるので、上記 $R_d$ の上限を0.6程度に抑えることが好ましい。

#### 30 【0073】(C-7) 傾斜圧延による「肉厚圧下率/外径縮径率」( $R_t/R_d$ )比

傾斜圧延による $R_t/R_d$ 比を限定することは、マンドレルを用いた高寸法精度圧延を実現するために重要である。肉厚圧下率 $R_t$ を大きくすると、材料の外径側への膨張が大きくなり寸法精度が悪化する。寸法精度は肉厚圧下率 $R_t$ と外径縮径率 $R_d$ の比( $R_t/R_d$ 比)に依存し、 $R_t/R_d$ 比が0.55以上になると寸法精度が悪化し、内面側にスパイラル状のマークが生ずる。従って、前記 $R_t/R_d$ 比を0.55未満に規制する。望ましい $R_t/R_d$ 比は0.50以下である。

#### 40 【0074】ところで、前記 $R_t/R_d$ 比が小さすぎる場合、換言すれば圧延後に増肉して $R_t$ の値が負になり $R_t/R_d$ 比が負の値でその絶対値が大きい場合には、傾斜圧延後の増肉が大きくなって所望の「肉厚/外径」( $t_1/d_1$ )比が得られなくなる。このため、 $R_t/R_d$ 比の下限を-1.0程度とすることが好ましい。

【0075】なお、アッセルミルに代表されるマンドレルを用いる傾斜圧延に関する従来の常識では、中空材の肉厚を減ずることが主目的となっており、外径の縮径加工はわずかで、後工程のシンキングミルなどで縮径を行っている。従って、従来のマンドレルミルを用いた傾斜

圧延では、 $Rt/Rd$ 比は1.0を超える値となっている。その結果、マンドレルは熱的にも、応力的にも高負荷を受けている。本発明の対象とする、製品寸法として「肉厚/外径」( $t_1/d_1$ )比が0.25~0.40、外径が20~70mmのような小径厚肉棒鋼の製造では、マンドレルの径が必然的に小さくなる。従って、前記した小径厚肉棒鋼の製造において、従来と同様に $Rt/Rd$ 比が1.0を超える圧延を行うと、マンドレルが変形してしまうので、高寸法精度が得られなくなるばかりでなく圧延ができなくなる。従って、この観点から

も $Rt/Rd$ 比は0.55未満とする必要がある。  
【0076】上記の $Rt/Rd$ 比を0.55未満に規制することにより、マンドレルは高温になるが、負荷応力は低いレベルになり、その素材としてはJIS熱間工具鋼のSKD61クラスで充分実用に供することができる。

【0077】なお、本発明に用いる圧延ロールの形状は特に限定するものではないが、従来のアッセルミルロールのようなハンプを有さず滑らかな外面形状をなしているものの方がよい。これは、ハンプがあると外径縮径量がハンプ高さで規制され、材料寸法に応じた適正な縮径量を加えるには不都合となるからであり、更に従来技術2の問題点で指摘したように、ハンプがあると基本的に「肉厚/外径」( $t_1/d_1$ )比の大きな中空棒鋼の圧延には不都合を生ずるためである。

【0078】(C-8)傾斜圧延後の中空棒鋼の「肉厚/外径」( $t_1/d_1$ )比

傾斜圧延後の中空棒鋼の $t_1/d_1$ 比が0.25を下回る場合、肉厚が薄いため最終の機械構造部品の形状によっては後加工での切削加工代が取れなくなる場合が生ずる。更に、機械構造部品の耐久性(曲げ力や軸力)も充分なものとは言えなくなってしまう。一方、また、 $t_1/d_1$ 比が0.40を超える場合には圧延までは軽量化の効果が小さく、またその製造は現在の塑性加工技術では容易ではない。従って、傾斜圧延後の中空棒鋼の $t_1/d_1$ 比を0.25~0.40と限定した。

【0079】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る中空棒鋼の製造方法を実施するための工程を示す模式図である。

【0080】先ず、丸鋼片A1を加熱炉11で所定温度に加熱し、これを同図(ハ)に示すように、ピアサで丸鋼片A1の中心部をプラグ12で穿孔して中空素材A2を形成する。次いで、同図(ニ)に示すように、中空素材A2に潤滑剤を塗布したマンドレル13を挿入して3個のロール14を有する傾斜圧延機により延伸圧延を施して製品の中空棒鋼A3とする。

【0081】図2は、傾斜圧延機を説明するための図で、同図(イ)は中空素材A2の入側から見た正面図で、中空素材A2を圧延中の状態を示し、同図(ロ)は同図(イ)のA-A線による断面図、同図(ハ)は同図

(ロ)のB-B線から見た側面図である。

【0082】マンドレル13は、前進後退装置のスラストブロック15に回転自在に連結されており、マンドレル13をバスセンタX-Xに沿って前後方向に移動調整可能としてある。

【0083】圧延時には中空材の前進速度に対して、所定の比率の速度でマンドレル13を前進させる。

【0084】ロール14は軸長方向の中間部にゴージ部16を備え、該ゴージ部16に対し圧延方向入側は軸端に向けて漸次直径が縮小された滑らかな略円錐台状をなす入口面17、圧延方向出側は軸端に向けて漸次直径が拡大された滑らかな略円錐台状をなす出口面18を備え、各ロール14はそれぞれ所定の交叉角 $\gamma$ 、傾斜角 $\beta$ で、中空材A2およびA3のバスラインX-X回りに略等間隔に配設され、図示しない駆動源によりそれぞれ図2(イ)のように矢印方向に回転駆動される。

【0085】ロール14としては、ゴージ部16の両面をそれぞれ軸端に向けて漸次縮径させた樽形ロールを用いてもよく、またゴージ部16に対し圧延方向入側は軸端に向けて漸次縮径させ、圧延方向出側は軸端に向けて漸次縮径させたロールを用いてもよい。

【0086】ここで、圧延中の中空材の変形状態について補足説明する。中空素材A2は3個のロール14で外径と内径が縮径され、その際、圧延後の肉厚 $t_1$ は一般に圧延前の肉厚 $t$ より若干増肉する傾向がある。従って「肉厚/外径」比 $t/d$ は素材より外径縮径によって増大することになる。但し、本発明者の実験によれば厳密に言えば $t_1$ の変化は $t_0/d_0$ 、 $Rd$ に関係し、 $t_0/d_0$ 、 $Rd$ の組合せによっては $t_1$ は $t$ より減少することがある。しかしその場合では $t_1/d_1$ は $t/d$ より増大している。内径の縮径が進行すると、中空材内面はついにはマンドレルに接触し肉厚圧下が始まる。その後、圧延の前半部の縮径時に発生したスパイラル状の内面の寸法変動も内径がマンドレルに接触することによって矯正されて寸法精度が改善される。

【0087】以下、本発明を実施例によって更に具体的に説明する。

【0088】

【実施例】表1に示す化学組成の鋼を通常の方法によって溶製した。表1において、鋼A~Eは本発明の対象鋼(以下、「本発明鋼」という)、鋼a~eは成分のいずれかが本発明で規定する含有量の範囲から外れた比較鋼である。なお、比較鋼eはJISのS45C相当鋼である。

【0089】上記の表1における鋼のなかで鋼A~E及び鋼a~dを通常の方法によって分塊圧延、棒鋼圧延して直径50mmの棒鋼を製造した。

【0090】こうして得られた棒鋼を1500mm長さに切断し、表2に示す条件で通電加熱または炉加熱によって1200℃に加熱した後、ピアサを用いた通常の方

法で穿孔して50mm直径、26mm内径で「肉厚/外径」比が0.24の中空材にした。続いて、黒鉛を潤滑剤とし、内面規制工具として直径13mmのSKD61鋼製のマンドレルを前記中空材に挿入し、圧延温度1000℃で図1に模式的に示した傾斜圧延機で外径35mm、内径13mmの中空棒鋼に傾斜圧延を行った。この傾斜圧延の $Rd=0.3$ 、 $Rt/Rd=0.28$ である。

【0091】また表1に記載の鋼Aに関し、前記のようにして得られた直径50mmの棒鋼を1000mm長さに切断し、機械加工による穿孔で外径が50mmで内径が26mm（「肉厚/外径」比は0.24）の中空材とした。次いでこれを表2に示す条件で通電加熱によって1200℃に加熱した後、黒鉛を潤滑剤とし、内面規制工具として直径13mmのSKD61鋼製のマンドレルを前記中空材に挿入し、圧延温度1000℃で図1に模式的に示した傾斜圧延機で外径35mm、内径13mmの中空棒鋼に傾斜圧延を行った。この傾斜圧延の $Rd=0.3$ 、 $Rt/Rd=0.28$ である。

【0092】なお、前記の傾斜圧延はいずれもロールジョイント部直径：180mm、ロール回転数：150rpm、ロール傾斜角 $\beta$ ：12度、ロール交叉角 $\gamma$ ：3度、マンドレル移動速度：圧延方向に材料速度の25%の条件にて実施した。

【0093】こうして製造した中空棒鋼の寸法精度の評価として、傾斜圧延後の中空棒鋼を長さ方向に2等分し、その断面の内径真円度 $\Delta d$ （最大内径-最小内径）を測定した。またその断面について、角張りの発生の有無を目視で観察すると共に、中空棒鋼を縦に切断して内面の表面状況を観察した。ここで、寸法精度の評価指標として内径真円度を用いたのは、傾斜圧延では外径精度は内径精度に比べてかなり良好であり、実用的には内径精度の良否で判断すればよいからである。

【0094】また、得られた中空棒鋼の肉厚中央部から組織観察試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。組織を観察した後、組織観察試験片を用いて硬度（Hv）を測定した。

【0095】一方、傾斜圧延機で製造した外径35mm、内径13mmの中空棒鋼を素材として、冷間での通常の方法によって外径32mm、内径12mmの中空棒鋼に引き抜き加工した。引き抜き後の中空棒鋼についても肉厚中央部から硬度（Hv）試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。

【0096】傾斜圧延ままでの中空棒鋼の各種特性と引き抜き加工後の中空棒鋼の各種特性の調査結果を各々表2と表3に示す。

【0097】次に、表1における鋼のなかで鋼A～Eを

通常の方法によって分塊圧延した後、未再結晶域で棒鋼圧延して直径35mmの非調質棒鋼（中実棒鋼）を製造した。得られた直径35mmの圧延まま棒鋼を機械加工で穿孔して内径13mmの中空棒鋼に加工した。こうして得られた中空棒鋼について、肉厚中央部から組織観察試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。組織を観察した後、組織観察試験片を用いて硬度（Hv）を測定した。各種特性の調査結果を表4に示す。

【0098】また、上記の外径35mm、内径13mmの中空棒鋼を素材として、冷間での通常の方法によって外径32mm、内径12mmの中空棒鋼に引き抜き加工した。引き抜き後の中空棒鋼についても肉厚中央部から硬度（Hv）試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。各種特性の調査結果を表5に示す。

【0099】更に、表1における鋼eを通常の方法によって分塊圧延、棒鋼圧延して直径35mmの棒鋼（中実棒鋼）を製造した。得られた直径35mmの圧延まま棒鋼を機械加工で穿孔して内径13mmの中空棒鋼に加工した。こうして得られた中空棒鋼について、肉厚中央部から組織観察試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。組織を観察した後、組織観察試験片を用いて硬度（Hv）を測定した。各種特性の調査結果を表4に示す。

【0100】更に、上記の外径35mm、内径13mmの中空棒鋼を860℃から油焼入れし、次いで400℃で焼戻し処理した後、冷間での通常の方法によって外径32mm、内径12mmの中空棒鋼に引き抜き加工した。引き抜き後の中空棒鋼についても肉厚中央部から硬度（Hv）試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。各種特性の調査結果を表5に示す。

【0101】表2～5から明らかなように、本発明の中空棒鋼は内径寸法精度が良好で、且つ焼付きが全く生じていない。更に、本発明の中空棒鋼は、従来の調質中空棒鋼や本発明鋼を用いた機械加工で穿孔した非調質中空棒鋼と同等の機械的性能を有していることが明らかである。また、本発明の中空棒鋼は圧延ままで中空であるため、工程省略の観点で極めて優れている。通電加熱で急速短時間加熱すれば表層脱炭が浅く、フェライト粒径も小さくなるので効果が大きいことも分かる。

【0102】

【表1】

10

20

30

40

表 1

区分	鋼種	化学組成 (重量%)										残部: Fe及び不純物					
		C	Si	Mn	Cr	V	N	Cu	Ni	Mo	Nb	Al	Pb	Bi	S	Te	Ca
本発明鋼	A	0.39	0.30	1.57	0.06	0.14	0.013	-	-	0.10	0.026	0.012	-	0.01	-	-	-
	B	0.48	0.75	0.70	0.02	0.16	0.018	0.14	0.07	-	0.020	-	-	-	-	0.10	-
	C	0.34	0.20	1.40	0.43	0.13	0.017	0.06	-	0.03	0.025	0.008	-	-	0.007	-	-
	D	0.36	0.82	1.20	0.83	0.12	0.014	0.05	0.11	-	0.018	0.009	0.30	-	-	-	-
	E	0.37	0.88	1.23	0.92	0.05	0.012	0.23	0.40	0.15	-	0.022	-	-	-	-	0.005
比較鋼	a	*0.74	0.89	1.57	0.07	0.15	0.012	0.02	-	-	0.020	0.042	-	-	-	-	-
	b	0.40	0.45	*2.20	0.10	*0.60	0.006	-	0.45	0.06	0.012	0.030	-	-	-	-	-
	c	*0.14	*2.00	0.70	0.20	0.20	0.007	0.05	0.60	0.43	0.022	0.025	-	-	-	-	-
	d	0.35	0.85	0.78	*2.20	0.10	*0.002	0.22	0.12	0.60	0.160	0.020	-	-	-	-	-
	e	0.45	0.17	0.86	0.03	*-	0.009	0.07	0.02	0.03	-	0.033	-	-	-	-	-

\*印は本発明で規定する範囲から外れていることを示す。

【0103】

\* \* 【表2】

表 2

区分	試験番号	鋼種	圧延条件			圧延ままでの特性										
			加熱温度 (°C)	加熱時間 (分)	傾斜圧延温度 (°C)	耐力 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	表層脱炭 (mm)	組織	フェライト粒度番号	内径真円度 (mm)	角張りの有無
本発明例	1-1	A	1200	2	850/900	550	750	23	48	220	135	0.03	F+P	9.7	0.3	無
	2-1	B	1200	2	850/900	530	730	25	47	200	133	0.04	F+P	11.2	0.3	無
	3-1	C	1200	2	850/900	540	740	24	48	210	145	0.03	F+P	10.3	0.3	無
	4-1	D	1200	4	850/900	580	780	23	45	240	142	0.05	F+P	9.2	0.2	無
	5-1	E	1200	30	850/900	480	798	25	53	180	139	0.20	F+P	8.7	0.2	無
	6-1	A	1200	2	850/900	530	720	26	53	200	145	0.10	F+P	8.5	0.2	無
比較例	7-1	*a	1200	2	850/900	690	880	13	38	270	70	0.04	P	-	0.3	無
	8-1	*b	1200	2	850/900	720	930	13	34	290	60	0.04	B	-	0.3	無
	9-1	*c	1200	2	850/900	430	600	28	48	180	145	0.04	F+P	7.2	0.3	無
	10-1	*d	1200	30	850/900	670	860	16	38	270	80	0.22	B	-	0.3	無

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

・試験番号5-1と10-1は炉加熱、他は通電加熱。

・傾斜圧延温度は、マンドレルを挿入して3個のロールを配した傾斜圧延機により圧延した温度範囲をいう。

・組織欄のFはフェライト、Pはパーライト、Bはベイナイトを示す。

【0104】

【表3】

表 3

区分	試験番号	鋼種	引き抜き後の特性					
			耐力 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー 衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )
本 発 明 例	1-2	A	705	900	18	47	258	95
	2-2	B	695	910	16	48	235	89
	3-2	C	705	820	17	49	227	104
	4-2	D	735	880	17	47	278	98
	5-2	E	768	800	18	45	218	89
	6-2	A	693	890	18	50	260	89
比 較 例	7-2	*a	855	1030	9	38	338	40
	8-2	*b	825	1000	7	31	328	30
	9-2	*c	588	780	19	46	258	112
	10-2	*d	815	990	9	29	328	50

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

【0105】

\* \* 【表4】

表 4

区分	試験番号	鋼種	圧延ままでの特性								
			耐力 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー 衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	表層 脱炭 (mm)	組織	フェライト粒 度番号
比 較 例	11-1	A	520	720	25	55	220	143	0.18	F+P	7.2
	12-1	B	500	700	27	57	200	118	0.17	F+P	7.8
	13-1	C	510	710	26	56	210	130	0.20	F+P	7.3
	14-1	D	550	750	27	53	240	135	0.20	F+P	7.2
	15-1	E	550	768	27	58	180	132	0.19	F+P	6.2
	16-1	*e	380	570	28	38	140	108	0.20	F+P	5.5

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

・11-1～15-1は非調質棒鋼を切削で穿孔して中空材を得た。

16-1は通常圧延した棒鋼を切削で穿孔して中空材を得た。

・組織欄のFはフェライト、Pはパーライトを示す。

【0106】

【表5】

表 5

区 分	試 験 番 号	鋼 種	引 き 抜 き 後 の 特 性					シャルピー 衝 撃 値 (J/cm <sup>2</sup> )
			耐力 (MPa)	引張 強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	
比 較 例	11-2	A	675	870	18	47	278	45
	12-2	B	665	880	16	46	285	59
	13-2	C	675	800	17	47	257	54
	14-2	D	705	850	17	49	268	48
	15-2	E	738	770	18	45	241	59
	16-2	*e	693	790	19	58	240	86

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

- ・ 11-2～15-2は非調質棒鋼を切削で穿孔した中空材を引き抜き加工した。16-1は通常圧延した棒鋼を切削で穿孔した中空材を引き抜き加工した。

## 【0107】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼は、現在最終製品に近いサイズを有する中実棒鋼に切削で穿孔加工を行い、次いで調質処理を施すか、あるいは調質処理後に切削で穿孔して各種機械構造部品の素材用として用いられている長尺中空棒鋼と同等の強度と靱性を有し、しかも内径寸法精度が良好であるので機械構造部品として利用することができる。機械構造部品のなかでも厳しい特性が要求されるラックバー、インプットシャフト、ロッカーアームシャフト、ピストンピンなどの自動車用部品、あるいはボールネジなどの工作機械用部品にも勿論利用することが可能である。この高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼は本発明方法によって、比較的容易に低コストで製造することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法に係る中空棒鋼の製造方法の工程を\*

\*示す模式図である。

【図2】傾斜圧延機での圧延状態を示す模式図である。

【図3】従来の孔型ロール列により中空棒鋼を製造する方法の工程図である。

【図4】従来のアッセルミル圧延による継目無鋼管の製造方法の工程図である。

【図5】アッセルミル圧延のハンブによる圧延の状況を模式的に示す断面図である。

30 【図6】従来の調質棒鋼を機械加工で穿孔して製造されたラックバーの断面図である。

【図7】通常の方法で製造された非調質継目無鋼管を素材として製造されたラックバーの断面図である。

【図8】自動車のインプットシャフトを示す図である。

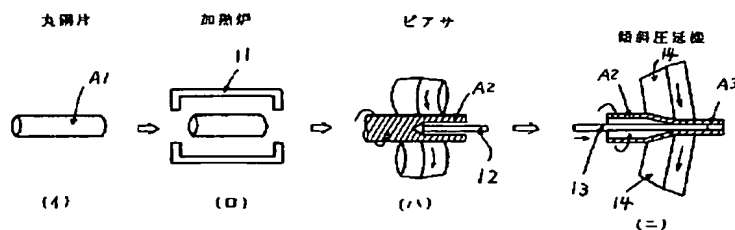
## 【符号の説明】

11：加熱炉

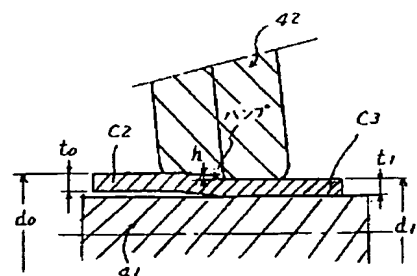
13：マンドレル

14：傾斜圧延ロール

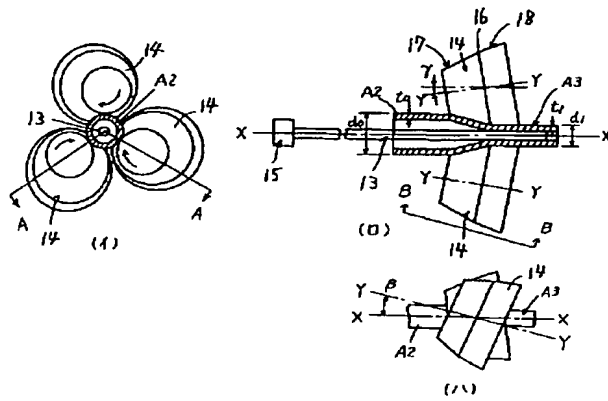
【図1】



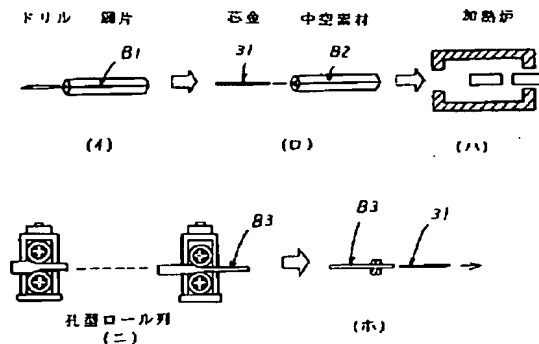
【図5】



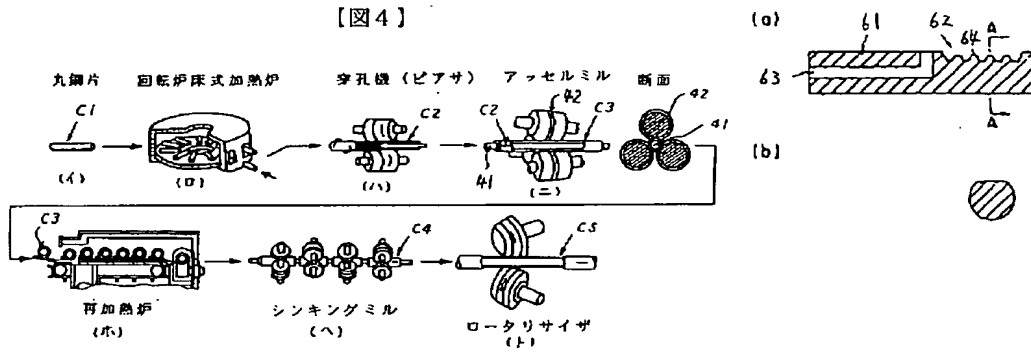
【図2】



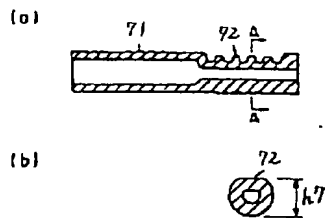
【図3】



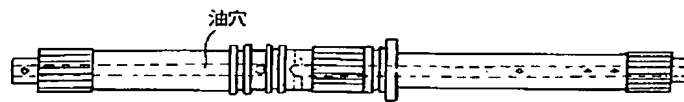
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
C 2 2 C 38/58

識別記号 片内整理番号

F I  
C 2 2 C 38/58

技術表示箇所